AMBIENTE INTELIGENTE DE TOMADA DE DECISÃO MÉDICA PARA PACIENTES COM DISPOSITIVO DE ASSISTÊNCIA VENTRICULAR (DAV) NO CONTEXTO DA SAÚDE 4.0

https://doi.org/10.5281/zenodo.15531211

INTELLIGENT ENVIRONMENT OF MEDICAL DECISION MAKING FOR VENTRICULAR ASSISTANCE DEVICE (VAD) PATIENTS IN THE HEALTH CONTEXT 4.0

DIAS, Jônatas C., Mestre*
DIAS, Jeferson Cerqueira, Mestre*

* Faculdade de Tecnologia de Praia Grande
Curso Análise e Desenvolvimento de Sistemas
Pça. 19 de Janeiro, 144, Boqueirão, Praia Grande / SP, CEP: 11700-100
Fone (13) 3591-1303
jxdias@ymail.com
jefersoncdias@hotmail.com

RESUMO

Com a prevalência das doenças como a insuficiência cardíaca (IC), como principal causa mortis populacional, e a existência fundamental de incompatibilidade entre oferta e demanda de órgãos para a realização de transplante cardíaco, os dispositivos de suporte de circulação mecânica, utilizados como alternativa para melhorar a circulação do sangue no corpo com uma bomba cardíaca, mais comumente designada por dispositivo de assistência ventricular (DAV), vem se mostrando uma importante opção para o tratamento de IC refratária. No entanto diversos desafios ainda precisam ser vencidos no uso desses dispositivos, sejam eles intrínsecos a suas características eletromecânicas das quais permeiam o campo da engenharia, ou mesmo desafios relacionados as deficiências de informações adequadas em tempo hábil para tomada de decisões médicas. Além, do modo como são ajustados esses dispositivos frente as exigências físicas e diferentes características fisiológicas dos pacientes. Porém, como todo peso tem seu contrapeso, para o equilíbrio universal, a presença cada vez mais marcante de mudanças tecnológicas, sobre tudo acerca da tecnologia da informação (TI), a presença de produtos inteligentes; resultantes dos avanços da microeletrônica; a digitalização; a internet das coisas (IoT) e o uso da internet como plataforma de comunicação, propiciam um ferramental oportuno para criar um sistema inteligente com interação preditiva nas decisões médicas em pacientes com DAV. Este artigo conduz o uso dessas tecnologias; das quais já se observa a sua utilização em soluções na Saúde 4.0; para uma proposta de um novo ambiente inteligente de apoio a decisões médicas em pacientes com DAV implantado.

PALAVRAS-CHAVE: Ambiente Inteligente. Dispositivo de Assistência Ventricular (DAV). Órgãos Artificiais. Produtos Inteligentes. Saúde 4.0. e-Saúde. Telemedicina. m-Health. Context Rich Systems.

ABSTRACT

With the prevalence of diseases such as heart failure (HF) as the main cause of population mortis and the fundamental existence of incompatibility between supply and demand of organs

for heart transplantation, mechanical circulation support devices, are used as an alternative to improve circulation of blood in the body with a heart pump, more commonly called a ventricular assist device (VAD), has been shown to be an important option for the treatment of CVDs. However various challenges still need to be overcome in the use of these devices, whether they are intrinsic to the electromechanical characteristics of which permeate the field of engineering, or even challenges related to inadequate information in a timely manner for medical decision making. In addition, how these devices are adjusted to the physical requirements and different physiological characteristics of each patient. However, as all weight has its counterbalance, for the universal balance, the presence more and more marked of technological changes, especially about information technology (IT), the presence of intelligent products; resulting from advances in microelectronics; the Internet of Things (IoT) and the use of the Internet as a communication platform, provide an opportune tool to create an intelligent system with predictive interaction in medical decisions in patients with VAD. This article drives the use of these technologies; of which it is already observed its use in solutions in Health 4.0; to propose a new intelligent environment to support medical decisions in patients with VAD implanted.

***KEY-WORDS**: Intelligent Environmen. Ventricular Assist Device (VAD). Artificial Organs. Intelligent Products. Health 4.0. e-Health. Telemedicine. m-Health. Context Rich Systems.*

INTRODUÇÃO

O sistema cardiovascular é formado pelos vasos sanguíneos [1] e o coração, sendo responsável pela circulação do sangue, com a finalidade de fornecer: oxigênio, glicose, vitaminas, hormônios e calor para as células do corpo, possuem também a finalidade de remover as substâncias resultantes de seu metabolismo: gás carbônico e água (HELITO; KAUFFMAN, 2007).

Ataque cardíaco, enfarte[2] ou infarto são os nomes populares do Infarto Agudo do Miocárdio (IAM). O coração, conhecido cientificamente como miocárdio, é formado por inúmeras células contráteis. O ataque cardíaco é a insuficiência de sangue oxigenado na área do coração devido a obstrução de uma veia coronária. Pelo fato do sangue não conseguir fluir normalmente, o músculo entra em um processo de necrose[3], o que pode levar o paciente à morte.

De acordo com a Organização Pan-Americana da Saúde (Opas), as Doenças Cardiovasculares (DCV) são a principal causa de morte no mundo, com 17 milhões de pessoas

[1] Os vasos sanguíneos são constituídos de: artérias, arteríolas, vênulas, veias e capilares; dos quais formam uma rede de tubos que se ramificam por todo o organismo da maior parte dos seres-vivos; por onde circula o sangue.
[2] O termo infarto ou enfarte (utilizado habitualmente para se referir ao coração), também pode ser utilizado para referir-se ao cérebro, rins e intestinos. Assim, podemos ter: infarto miocárdio (músculo do coração), infarto cerebral, infarto renal e infarto intestinal (HELITO; KAUFFMAN, 2007).
[3] Necrose consiste na morte de um tecido, órgão ou grupo de células que compõem um organismo vivo. A necrose ocorre quando há a falta de irrigação do suplemento sanguíneo para as células, provocando a sua deterioração.

vítimas de ataques cardíacos e derrames em 2016 (PORTAL BRASIL, 2017). Entre as doenças cardiovasculares a insuficiência cardíaca (IC) é a terceira doença clínica que mais causa internação pelo Sistema Único de Saúde (SUS) no país. Estima-se que 2% da população brasileira tenha IC. A cada ano, são 200 mil novos casos, segundo relatório divulgado recentemente pela Sociedade Brasileira de Cardiologia (SBC).

A IC é uma síndrome[4] clínica complexa de caráter sistêmico (contínuo, regular), definida como disfunção cardíaca que ocasiona inadequado suprimento sanguíneo para atender as necessidades metabólicas teciduais. É uma doença que se manifesta na maioria da população de forma crônica[5], progressiva e tem causa multifatorial[6]. A doença ocorre quando o músculo cardíaco começa a ficar fraco, dilatar e passa a ter um desempenho muito ruim. O indivíduo não consegue realizar esforço simples: como subir um lance de escada, pois, fica tomado pela fadiga. No Brasil, a principal etiologia[7] da IC é a cardiopatia[8] isquêmica[9] crônica associada à hipertensão[10] arterial (SBC, 2009). Além disso, com o envelhecimento populacional e o aumento da sobrevida de pacientes cardiopatas, espera-se um aumento progressivo dos casos de IC (ROGER, 2010)

O transplante cardíaco persiste sendo o tratamento de escolha para a IC refratária[11], apesar da grande melhora na expectativa de vida com o tratamento clínico. Sobrevida estimada em mais de 20 anos, com qualidade de vida a custo seguramente inferior comparado as custosas internações que tais pacientes invariavelmente necessitariam (SBC, 2010). A saber, o primeiro transplante cardíaco (TC) foi realizado em 1967 por Christian Barnard, na Africa do Sul, seis meses depois, Euryclides Zerbini realizou o primeiro TC no Brasil (MANGINI *et al*., 2015; MAREN HELLWEGE, 2017). Vários avanços nessa área foram observados na última década, desde a realização do primeiro transplante, com a incorporação de novas técnicas cirúrgicas, novos imunossupressores[12], novos métodos diagnósticos e abordagens nos pós-operatórios precoce e tardio. O Brasil tem ocupado cada vez mais espaço no campo dos transplantes, já se

[4] Síndrome é o conjunto de sinais e sintomas observáveis em vários processos patológicos diferentes e sem causa específica.
[5] Crônico (a) refere-se a longa duração; que vem de longa data. As doenças crônicas são caracterizadas basicamente por serem doenças que se desenvolvem ao longo do tempo.
[6] Causa multifatorial indica a decorrência da combinação de fatores, que concorrem para um resultado.
[7] Etiologia é um ramo de estudo destinado a pesquisar a origem e a causa de um determinado fenômeno.
[8] Cardiopatia é a designação genérica das doenças do coração.
[9] Isquemia é a falta de fornecimento sanguíneo para um tecido orgânico devido a obstrução causada por um trombo, seja ele formado por placas gordurosas ou por coágulos sanguíneos.
[10] Tensão acima do normal exercida pelo sangue sobre as paredes dos vasos de um determinado órgão; pressão alta.
[11] Insuficiência cardíaca (IC) refratária indica resistência à terapia (tratamento) comum, sendo necessárias intervenções especiais como: ressincronização ou transplante.
[12] Imunossupressores são medicamentos, usados para evitar a rejeição do órgão transplantado.

tornou um país referência no transplante cardíaco na doença de Chagas no mundo todo (SBC, 2010).

Porém, há um problema fundamental na prática de transplante de órgãos; que é o número de pacientes que necessitam de doação de órgão para o tratamento de doenças terminais e a respectiva oferta desses órgãos destinados ao transplante, sobretudo em nosso país. Segundo dados do relatório da *International Society for Heart & Lung Transplantation* (ISHLT), no ano de 2010 foram realizados 3.892 transplantes cardíacos somando-se os procedimentos de todas as instituições associadas, número inferior à crescente demanda mundial (STEHLIK *et al*., 2010). Ainda, conforme a "II Diretriz Brasileira de Transplante Cardíaco", a quantidade de transplantes de coração realizados no mundo não cresce de forma expressiva, e a terapia medicamentosa sozinha para a IC terminal continua a ter resultados desanimadores (SBC, 2010).

Entretanto, atualmente o transplante não é a única solução, diante da necessidade de se estender o acesso ao tratamento das doenças cardíacas, como é o caso de IC Refratária, e solucionar a ausência de órgãos disponíveis para doação, houve um grande impulso ao desenvolvimento da Assistência Circulatória Mecânica (ACM), onde dispositivos mecânicos (Dispositivos de Assistência Circulatória Mecânica - DACM) são utilizados para auxiliar o coração deficiente, sobretudo os dispositivos de assistência ventricular (DAVs) (SBC, 2016).

No entanto diversos desafios ainda precisam ser vencidos no uso desses dispositivos (DAVs), sejam eles intrínsecos a suas características eletromecânicas das quais permeiam o campo da engenharia, ou mesmo desafios relacionados as deficiências de informações adequadas em tempo hábil para tomada de decisões médicas; bem como, o modo de ajustade desses dispositivos frente as exigências físicas e diferentes características fisiológicas dos pacientes. Porém, como todo peso tem seu contrapeso, para o equilíbrio universal, a presença cada vez mais marcante de mudanças tecnológicas, sobre tudo acerca da tecnologia da informação (TI), a presença de produtos inteligentes; resultantes dos avanços da microeletrônica; a digitalização, a internet das coisas (IoT) e o uso da internet como plataforma de comunicação, propiciam um ferramental oportuno para criar um ambiente inteligente com interação preditiva nas decisões médicas em pacientes com DAV. Este artigo conduz o uso dessas tecnologias; das quais já se observa a sua utilização em soluções na Saúde 4.0; para uma proposta de um novo ambiente inteligente de apoio a decisões médicas em pacientes com DAV implantado, com foco nos dispositivos de fluxo contínuo de longa permanência.

1. ESTRATÉGIA DE IMPLANTAÇÃO DE DISPOSITIVO DE ASSISTÊNCIA CIRCULATÓRIA MECÂNICA (DACM)

Os dispositivos de assistência circulatória mecânica (DACM), como tratamento de cardiopatias, estão divididos considerando o tempo de permanência no paciente e são classificados em Dispositivos Temporários e Dispositivos de Longa Permanência (SBC, 2016). Os DACMs temporários podem ser utilizados em três estratégias que podem ser sobrepostas conforme o Quadro 1.

Quadro 1 – Estratégia de uso dos DCAMs Temporários.

Ponte para decisão	Deve ser considerada em pacientes gravemente enfermos, cuja necessidade de suporte hemodinâmico[13] é imediata, devido ao alto risco de morte por falência cardíaca.
Ponte para recuperação	Esses casos ocorrem quando existe perspectiva de melhora da IC, como por exemplo: disfunção ventricular pós-Infarto Agudo do Miocárdio (IAM), Takotsubo[14] e miocardite[15].
Ponte para transplante	Situação em que os dispositivos podem oferecer suporte hemodinâmico e estabilidade clínica até a realização do Transplante Cardíaco.

Fonte: Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2016.

Uma das vantagens desses dispositivos relativamente ao coração artificial é que preserva a existência dos ventrículos, do qual, e eventualmente, podem se recuperar, uma vez que deixam de estar consecutivamente em sobrecarga.

Já para os DCAMs de longa permanência observa-se uma evolução nos modelos dos equipamentos, baseada em avanços tecnológicos, principalmente em seus princípios de propulsão e tipo de fluxo, com significativa redução de suas dimensões. Na indicação de DACM de longa duração, alguns fatores são relevantes na tomada de decisão. No caso de ponte para transplante, a expectativa de tempo de espera em fila deve ser considerada, vide Quadro 2.

[13] Hemodinâmica é o estudo dos fenômenos que se relacionam à circulação sanguínea.
[14] A cardiomiopatia de Takotsubo, mais conhecida como doença de Takotsubo, é uma disfunção do ventrículo esquerdo (VE) reversível na ausência de coronariopatia obstrutiva, frequentemente causada por estresse intenso e que apresenta quadro clínico idêntico ao infarto agudo do miocárdio (IAM).
[15] Miocardite é uma inflamação do miocárdio, a camada muscular grossa da parede do coração.

Quadro 2 - Estratégia de uso dos DCAMs de Longa Permanência.

Ponte para decisão	Pode ser considerada em pacientes com condições clínicas proibitivas ao TC, porém, se modificáveis, permitem que o paciente se torne candidato ao transplante (por exemplo: hipertensão pulmonar e neoplasias[16] com potencial cura).
Ponte para transplante	Situação em que o dispositivo pode oferecer suporte hemodinâmico e estabilidade clínica até a realização do TC, no contexto da gravidade progressiva do paciente e da indisponibilidade de realização do transplante em um prazo curto.
Terapia de destino	Situação em que o dispositivo pode oferecer suporte hemodinâmico e estabilidade clínica em paciente com IC refratária, que apresenta contraindicação para o TC, possibilitando maior sobrevida e melhor qualidade de vida, comparado com o tratamento clínico medicamentoso.

Fonte: Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2016.

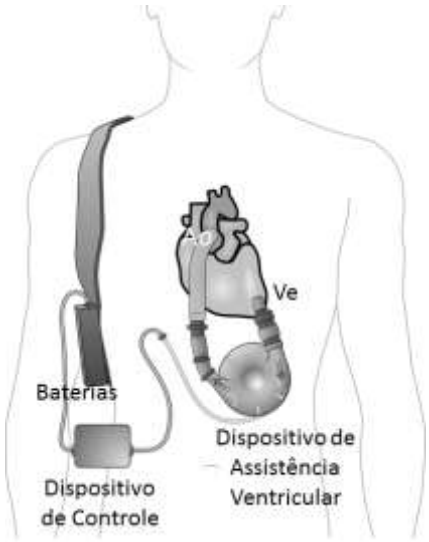
2. DESAFIOS DOS DISPOSITIVOS DE ASSISTÊNCIA VENTRICULAR (DAV)

O DAV pode ser implantado para assistência ao ventrículo esquerdo (DAVE), figura 1, situação mais comum, com canulação do ápice do ventrículo esquerdo (Ve) para a aorta (Ao), ou para assistência do ventrículo direito (DAVD), com canulação do átrio direito para a artéria pulmonar. Ou ainda, ser biventricular promovendo assistência a ambos os ventrículos (KRISHNAMANI; DENOFRIO; KONSTAN, 2010).

[16] Neoplasia é o nome dado ao crescimento anormal, acelerado e descontrolado de um tecido ou de uma célula gerando o que comumente se chama de tumor. Esse tumor tanto pode ser maligno quanto pode ser benigno.

Figura 1 - Desenho esquemático apresentando

DAVE - Dispositivo de Assistência Ventricular Esquerda.



Fonte: Livre de uso “Marcada para uso não comercial”

Um dos tipos de dispositivos de DAV é o de fluxo contínuo, diferentemente das precursoras bombas de sangue pulsáteis. Isto porque o coração natural possui o comportamento de uma bomba pulsátil. Por esta razão, as primeiras bombas que começaram a ser desenvolvidas também eram pulsáteis, acreditando-se que o sistema vascular era todo adaptado para este pulso (MARINI, 2015).

A vantagem da bomba de fluxo contínuo está nos seus componentes e na sua construção, que são mais simples e de menor dimensão, do ponto de vista da engenharia (SILVA, 2012). Porém, a natureza contínua dessas bombas foi apontada como possível causa de insuficiência na válvula aórtica em mais de 30% dos pacientes estudados com DAV por mais de um ano (SOLEIMANI *et al.*, 2012). Uma dessas insuficiências é a estenose, que ocorre quando duas cúspides começam a se calcificar e diminuem a passagem do sangue. Desta forma é necessário o controle adequado da velocidade do rotor do dispositivo e, em consequência, o controle da vazão da bomba e respectivo fluxo sanguíneo, isto porque em caso de velocidade muito baixa pode ocorrer fluxo reverso, ou se a rotação estiver muito alta pode haver esvaziamento completo do ventrículo, ou seja, duas características que podem prejudicar a saúde do assistido. Deve-se

também, diminuir a chance de calcificação das valvas naturais do coração, diminuindo a velocidade da bomba para causar uma diferença de pressão adequada (JOHN *et al.*, 2010).

Outra questão a ser observada é que o funcionamento natural dos órgãos humanos tem diversos processos fisiológicos que realizam o controle das suas funções. Muitos processos são desconhecidos, inclusive. A frequência cardíaca, por exemplo, depende da pressão arterial, das atividades físicas, da postura e até das emoções. Além disto, existe uma relação entre a frequência cardíaca e a demanda corporal (OHUCHI *et al.*, 2001), esta relação pode vir a ser considerada para o ajuste da velocidade do motor.

Há ainda, outro fator importante a ser considerado no controle destes dispositivos, que é o princípio da individualidade da fisiologia do paciente. Conceito que explica que as pessoas respondem de maneira diferente aos estímulos (HOFFMAN, 2014). Os pacientes que utilizam DAVs são indivíduos diferentes entre si (dentro dos parâmetros estudados). Por esta razão o ajuste da velocidade do DAV deveria considerar um DAV inteligente que aprenda com cada paciente e em cada situação qual a melhor velocidade para a exigência física do paciente assistido.

Uma questão ainda a considerar é a característica da assistência médica ao longo da vida do paciente com DAV implantado e a obtenção de informações para a tomada de decisões clínicas, bem como o ajuste da velocidade do dispositivo. As informações são obtidas, acerca do estado do paciente e do dispositivo, por meio de consulta médica pré-agendada, conforme a necessidade, e pela baixa do histórico de eventos (data log) registrado no controlador do dispositivo, durante a realização da consulta. Neste momento o médico tem acesso as informações do comportamento do dispositivo, porém trata-se de um conjunto de dados, que é basicamente um registro na ordem de ocorrência dos fatos.

O médico precisa interpretar esses dados para tirar deles informação útil para tomar decisões, juntamente com o exame clínico do paciente. A partir deste conjunto de informações, o médico passa a ter um prognóstico para o paciente, resultando em ações que podem ser de: a) ajuste do fluxo sanguíneo, por meio da mudança da velocidade do dispositivo; se necessário; b) indicação de uso de medicamentos; ou ainda c) de comportamento do paciente com relação a postura de uso e cuidados com o DAV.

3. OBJETIVOS

Apresentar um ensaio de um novo ambiente de coleta de informações, do sistema dicotômico: composto de “Coração/DAV”, para ajustar a velocidade do rotor do DAV, e desta forma atuar em sintonia com o coração visando responder as necessidades teciduais do organismo humano, com DAV implantado, considerando as particularidades fisiológicas desses pacientes assistidos. Transformando dados, provenientes da *data log* do controlador do DAV, em informações úteis para tomada de decisão médica.

Para atingir ao objetivo proposto, se faz necessário o uso da aplicação dos conceitos e de recursos associados a Saúde 4.0 (Telemedicina, m-Health, e-Saúde), para prover qualidade de vida a paciente assistido com Tecnologias médicas ou Dispositivos Médicos no sentido Amplo (DMAs), dos quais envolvem: a aplicação de conhecimento organizado e de práticas médicas sob a forma de aparelhos, procedimentos e sistemas desenvolvidos para identificar, prevenir e solucionar um problema de saúde (ABIIS, 2015).

A possibilidade de uso destes conceitos e recursos permite a configuração de um ambiente inteligente de assistência médica, para ajustar o sistema “Coração/DAV” com as particularidades fisiológicas, considerando que há um processo de envelhecimento orgânico, ao longo do tempo, que altera o entendimento de normalidade para cada um dos assistidos (FONSECA; FIGUEIREDO, 2014).

Este ambiente deve permitir a tomada de decisões médicas reduzindo as incertezas da característica complexa deste sistema “Orgânico / Mecatrônico”.

4. MÉTODO

O método proposto para este artigo se enquadra na pesquisa exploratória, pois este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses. A grande maioria dessas pesquisas envolve: a) levantamento bibliográfico e b) análise de exemplos que estimulem a compreensão (GIL, 2008).

As entrevistas com pessoas que tiveram experiências práticas com o problema pesquisado, apesar de fazer parte deste tipo de pesquisa, não será aplicado a proposta deste artigo.

Os termos utilizados seguem aqui identificados com o seguinte entendimento:

a) O termo “Saúde 4.0” é utilizado aqui para representar a integração da tecnologia da informação e comunicação (TIC) para identificar, prevenir e solucionar um problema de saúde e melhorar a qualidade de vida no setor de saúde;
b) e-Saúde é um termo relativamente recente para a prática de cuidados de saúde suportados por soluções de TIC, termo este que pode estar embutido na Saúde 4.0;
c) Telemedicina envolve tratamentos físicos e psicológicos a distância, incluindo a monitorização a distância da saúde dos pacientes. Este termo pode ser ampliado pela m-Health;
d) m-Health inclui o uso de dispositivos móveis para a captação de dados de saúde, fornecendo informações de saúde para profissionais, pesquisadores e pacientes. Inclui também o acompanhamento em tempo real dos sinais vitais do paciente, e prestação direta de cuidados (via telemedicina móvel).

Estas tecnologias presentes atualmente, porém, com denominações variadas, serão a base para a elaboração de um ambiente inteligente, considerando um sistema de informação (SI), que em tempo real coleta, analisa e provê informações úteis para a tomada de decisões de diagnóstico e prognóstico do assistido, figura 2.

Estas decisões compreendem: ajustes do dispositivo por interferência médica; comportamento e cuidados do paciente; e medicamentos. No que tange ao ajuste do dispositivo, o ambiente provê informações de controle para cada um dos DAVs implantados, neste caso funciona como uma Central de Processamento.

Figura 2 – Proposta de um ambiente inteligente de coleta, tratamento, controle, diagnóstico e prognóstico para apoio a decisão médica de pacientes com DAV implantado.

Fonte: Dias, Jônatas C. 2018

5. NOVO AMBIENTE DE TOMADA DE DECISÃO MÉDICA PARA PACIENTES COM DAV

Ao longo dos últimos anos a digitalização, a internet das coisas (IoT), a microeletrônica com as recentes inovações em microchips, que permitem criar sensores cada vez menores, e as tecnologias semânticas, estão mudando os produtos de consumo, algo percebido em 1991 por Mark Weiser, considerado o precursor da computação ubíqua, das quais a tecnologia está presente em todos os lugares (presente em objetos como etiquetas de roupas, interruptores, canetas, entre outros), porém é transparente para o usuário (WEISER, 1991). Estas tecnologias permitem que os produtos físicos sejam preenchidos com inteligência, sensibilidade e habilidades de comunicação. Isso cria uma nova categoria de produtos chamada "Produtos inteligentes" (MÜHLHÄUSER, 2007) .

Esta coleta de informações de contexto, tem um propósito claro que é o de poder alcançar o maior número possível de pessoas e identificar situações de risco com antecedência. Isto promove a possibilidade de:

Diagnóstico Médico

É o processo analítico de que se vale o especialista ao exame de uma doença ou de um quadro clínico, para chegar a uma conclusão. Está relacionado a situação atual do paciente. O diagnóstico se organiza através de hipóteses que são formuladas, processadas através do conhecimento teórico e prático do profissional e pode ser confirmada ou rejeitada. Envolve anamnese, exame físico e laboratorial (GORDIS, 2016).

Prognóstico Médico

Prognóstico é uma previsão baseada em fatos ou dados reais e atuais, que pode indicar o provável estágio futuro de um processo. É a hipótese (projeção) ou probabilidade de algo que pode acontecer devido as circunstâncias observadas no presente. O prognóstico está intrinsecamente ligado ao diagnóstico, sendo o primeiro dependente do segundo para existir (GORDIS, 2016).

Este artigo explora o conceito destas tecnologias e propõe um ambiente inteligente composto por módulos como segue:

5.1 INFORMAÇÃO DE CONTEXTO - PACIENTE / DISPOSITIVO

Dentro de cada comunidade de pesquisa, o termo contexto foi interpretado de uma maneira diferente, adequado para seus próprios objetivos, porém nenhuma tentativa foi feita para definir o termo contexto (WAN, 2009). Neste artigo o termo será aplicado com o seguinte entendimento: “Contexto” é qualquer informação que possa ser usada para caracterizar a situação de uma entidade (objeto de interesse), é também conhecida como computação senciente (ANDRADE, 2015). Assim, uma entidade pode ser uma pessoa, um lugar ou um objeto que é considerado relevante para a interação entre um usuário e um aplicativo, incluindo o usuário e os próprios aplicativos (SCHILIT; ADAMS; WANT, 1994).

A fonte de coleta de informações de contexto do paciente assistido, está embarcada no “Dispositivo de Controle”, figura 1, da qual transfere estas informações para uma base de

conhecimento em nuvem, em tempo real. Esta base de conhecimento e tratada por um analisador de padrões para descoberta de conhecimento, utilizando tecnologias do *Big Data Analytics*.

Análise DESCRITIVA

Compreensão em tempo real dos acontecimentos para que decisões de cunho imediato possam ser tomadas. A análise descritiva trabalha com histórico de dados, cruzando informações com o objetivo de gerar um panorama claro e preciso dos temas relevantes para o presente momento, sem necessariamente relacioná-la com padrões passados ou futuros (MARQUESONE, 2016).

Análise DIAGNÓSTICA

Tem como objetivo compreender a relação de causa e efeito (Quem, Quando, Como, Onde e Por que) percebidas ao longo do tempo e suas possibilidades. Funciona baseada na coleta de dados relacionados a um determinado assunto, cruzando informações com o objetivo de entender quais fatores influenciaram o resultado atual (MARQUESONE, 2016).

Análise PREDITIVA

Conhecida por "prever" o futuro, se utiliza da mineração de dados: estatísticos e históricos para conhecer as futuras tendências (MARQUESONE, 2016).

Análise PRESCRITIVA

Muito confundida com a análise preditiva, a análise prescritiva trabalha com a mesma lógica, porém com objetivos diferentes. Enquanto a análise preditiva identifica tendências futuras, a prescritiva traça as possíveis consequências de cada ação. É uma forma de definir qual escolha será mais efetiva em determinada situação (MARQUESONE, 2016).

5.2 INFORMAÇÕES DE SENSORES – CORAÇÃO / DISPOSITIVO

Este módulo tem dois desafios importantes, que são:

1) o monitoramento, por meio de sensores, do consumo de energia, fluxo e pulsatilidade. Estas informações são armazenadas em meio persistente, permitindo a

comparação do comportamento hemodinâmico percebido pelo dispositivo com o comportamento do paciente, monitorado pelo contexto;

2) a atuação do dispositivo, frente aos valores das variáveis de controle, ajustadas pelo "Sistema de Informação" em nuvem. Os valores de ajustes são, de um modo geral, realizados pelo médico e controlado por inteligência artificial.

A identificação das variáveis que influenciam este equilíbrio. As informações coletadas em todos os estados do processo, auxiliarão na identificação de um conjunto de variáveis de influência no comportamento do sistema Paciente/Dispositivo, com o objetivo de identificar suas relações e impacto. O entendimento do comportamento destas variáveis irá prover a identificação descritiva e preditiva desse sistema.

Acoplado a estes módulos (descritos nos itens 5.1 e 5.2 acima): a) um sistema de informação de apoio a decisão e b) um controle de dispositivo de assistência ventricular suportado por inteligência artificial, completam uma Sistema de Apoio a Decisão Médica com Controle Adaptativo, figura 2. O termo adaptativo quer dizer que em função da fisiologia e anatomia humana do paciente com relação aos seus hábitos e costumes de vida, o sistema se auto calibra, mantendo a homeostase[17] e reostase[18] do sistema cardiovascular, na medida em que: a) o paciente faz exigências distintas do sistema cardíaco e b) na medida em que o organismo humano sofre alterações, principalmente durante o envelhecimento. A decisão e ajuste de "*Set Point*" pode ser sobreposta ao ajuste automático do sistema pelo médico ou equipe médica, desta forma o sistema se adequa a diferentes exigências de necessidades.

A tecnologia da informação, embasada pela digitalização, são inspirações para a construção deste sistema. Por exemplo, aplicação da internet das coisas (IoT), juntamente com a computação em nuvem (Cloud Cumputing), permitirá a reunião das diversas características da personalização existentes em cada DAV, com uma riqueza de contexto (*Context Rich*) obtida para cada paciente. Aliado a outras informações como: fisiologia do paciente, técnica de implante a ser realizado; e ainda os diferentes tipos de dispositivos; são direcionadas para uma base de conhecimento comum, permitindo a aplicação da tecnologia de *Big Data Analytics* para obtenção de correlações e padrões para avaliações descritivas e preditivas, provendo melhores parâmetros de apoio a decisão e o acompanhamento da condição de saúde do

[17] Homeostase é a condição de relativa estabilidade da qual o organismo necessita para realizar suas funções adequadamente para o equilíbrio do corpo.
[18] O conceito de reostase amplia o conceito de homeostase, enfatizando que adequações do "valor de ajuste" faz parte da forma de atuação dos mecanismos homeostáticos.

Paciente/Dispositivo, que mesmo à distância; possa observar condições de risco iminente em tempo real.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os benefícios oferecidos pelas decisões acertadas, baseadas em informações representam o sucesso clínico prestado pelo médico e sua equipe. O conceito de valor da informação segundo (RASCÃO, 2006), está relacionado com: a) a redução da incerteza no processo de tomada de decisão; b) a relação do benefício gerado pela informação versus custo de produzi-la e c) aumento da qualidade da decisão (MORAES; TERENCE; ESCRIVÃO FILHO, 2004). Assim, para medir o valor da informação, o médico deve dispor da informação de forma que ela reduza as incertezas encontradas no decorrer do processo decisório, e consequentemente, aumente a qualidade da decisão.

Para obter esta condição um novo ambiente decisório deve estar disponível para o médico e paciente. Este ambiente deve considerar os novos recursos disponíveis de dispositivos e ambientes inteligentes conectados a dispositivos móveis, permitindo em tempo real o acompanhamento do estado de saúde do paciente, nas diferentes etapas críticas, fornecendo informações que resultem em ações preditivas desse sistema complexo e ainda permita, no conceito antropocêntrico, ao paciente uma margem segura de auto ajuste do dispositivo.

Esta nova concepção é uma peça crítica da transformação digital dos cuidados de saúde, pois permite o surgimento de novos modelos de negócios e mudanças nos processos de trabalho, melhorias de produtividade, contenção de custos e melhor experiência dos clientes.

REFERÊNCIAS

ABIIS. **Saúde 4.0 - Propostas para Impulsionar o Ciclo das Inovações em Dispositivos Médicos (Dmas) no Brasil.** São Paulo: Aliança Brasileira da Indústria Inovadora em Saúde – ABIIS, 2015.

ANDRADE, L. A. DE. **Jogos Digitais, Cidade e (Trans)mídia: A Próxima Fase**. Curitiba: [s.n.].

FONSECA, M. DE F. DA; FIGUEIREDO, Q. B. **O Envelhecimento Humano - Aprender a viver com a idade**. Lisboa: Ediçoes Vieira da Silva, 2014.

GIL, A. C. **Métodos e Técnicas de Pesquisa Social**. 6. ed. São Paulo: [s.n.].

GORDIS, L. **Epideomologia**. 5. ed. Rio de Janeiro: Thieme Revinter, 2016.

HELITO, A. S.; KAUFFMAN, P. **Saúde: entendendo as doenças, enciclopédia médica da família**. São Paulo: Nobel, 2007.

HOFFMAN, J. **Physiological Aspects of Sport Training and Performance**. 2. ed. United States of America: Human Kinectics Inc., 2014.

JOHN, R. et al. Aortic valve pathophysiology during left ventricular assist device support. **Journal of Heart and Lung Transplantation**, v. 29, n. 12, p. 1321–1329, 2010.

KRISHNAMANI, R.; DENOFRIO, D.; KONSTAN, M. A. Emerging ventricular assist devices for long-term cardiac support. **Nat Rev Cardiol**, v. 7, p. 71–76, 2010.

MANGINI, S. et al. Heart transplantation: review. **Einstein (São Paulo)**, v. 13, n. 2, p. 310–318, 2015.

MAREN HELLWEGE. **1967: Primeiro transplante de coração**. Disponível em: <http://www.dw.com/pt-br/1967-primeiro-transplante-de-coração/a-340975>. Acesso em: 8 fev. 2018.

MARINI, M. ST6 : Técnicas , artefatos e controvérsias. p. 1–21, 2015.

MARQUESONE, R. **Big Data: Técnicas e tecnologias para extração de valor dos dados**. São Paulo: Casa do Código, 2016.

MORAES, G. D. A; TERENCE, A C. F.; ESCRIVÃO FILHO, E. A tecnologia da informação como suporte à gestão estratégica da informação na pequena empresa. **Revista de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação**, v. 1, n. 1, p. 28–44, 2004.

MÜHLHÄUSER, M. Smart Products: An Introduction. **Smart Products: An Introduction**, n. AmI 2007 Workshops, p. 158–164, 2007.

OHUCHI, K. et al. Control Strategy for Rotary Blood Pumps. **Artificial Organs**, v. 25, n. 5, p. 366–370, 2001.

PORTAL BRASIL. **Doenças cardiovasculares são principal causa de morte no mundo — Governo do Brasil**. Disponível em: <http://www.brasil.gov.br/saude/2017/09/doencas-cardiovasculares-sao-principal-causa-de-morte-no-mundo>. Acesso em: 8 fev. 2018.

RASCÃO, J. P. **Da Gestão Estratégica à Gestão Estratégica da Informação**. Rio de Janeiro: e-Papers, 2006.

ROGER, V. L. The heart failure epidemic. **International Journal of Environmental Research and Public Health**, v. 7, n. 4, p. 1807–1830, 2010.

SBC. **III Diretriz de Insuficiência Cardíaca Crônica**. [s.l.] Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2009. v. 93

SBC. **II Diretriz Brasileira de Transplante Cardíaco**. [s.l.] Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2010. v. 94

SBC. **Diretriz de Assistência Circulatória Mecânica**. [s.l.] Sociedade Brasileira de Cardiologia, 2016. v. 107

SCHILIT, B. N.; ADAMS, N.; WANT, R. **Context-aware computing applicationsProceedings of the 1994 First Workshop on Mobile Computing Systems and Applications**, 1994. Disponível em: <http://ieeexplore.ieee.org/xpls/abs_all.jsp?arnumber=4624429>

SILVA, B. U. DA. Bomba para o coração pode salvar pacientes na fila de transplante. **Jornal da Unicamp**, v. 541, p. 2012, 2012.

SOLEIMANI, B. et al. Development of Aortic Insufficiency in Patients Supported With Continuous Flow Left Ventricular Assist Devices. **ASAIO Journal**, v. 58, n. 4, p. 326–329, 2012.

STEHLIK, J. et al. The Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: Twenty-seventh official adult heart transplant report—2010. **The Journal of Heart and Lung Transplantation**, v. 29, n. 10, p. 1089–1103, out. 2010.

WAN, K. A Brief History of Context. **Journal of Computer Science**, v. 6, n. 2, p. 33–43, 2009.

WEISER, M. **The Computer for the 21st CenturyScientific American**, 1991. Disponível em: <http://www.nature.com/doifinder/10.1038/scientificamerican0991-94>